

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ  
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## VOZIDLO POHÁNĚNÉ LIDSKOU SILOU HUMAN POWERED VEHICLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

ADAM SCHNEIDER

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. ZDENĚK KAPLAN, CSc.

BRNO 2009



## **ANOTACE**

Práce se zabývá vozidly poháněnými lidskou silou. Je v ní uvedena historie těchto vozidel, jejich rozdělení podle typu pohonu a 3 studie nekonvenčních vozidel. Na závěr je představeno několik reálných netradičních vozidel.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

HPV, vozidlo poháněné lidskou silou, jízdní kolo, cyklistika, veslování, skateboard

## **ANNOTATION**

This thesis deals with human powered vehicles. A history of these vehicles is presented as well as their decision according to a driving movement. In next parts, there are three concepts of unusual vehicles described and in the end there are reviews of some special real vehicles.

## **KEY WORDS**

HPV, human powered vehicle, bicycle, cycling, rowing, skateboard



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SCHNEIDER, Adam. *Vozidlo poháněné lidskou silou*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 30 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.



# ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji tímto, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce doc. Ing. Zdeňka Kaplana, CSc. za použití uvedené literatury a zdrojů.

V Brně dne .....

.....  
Adam Schneider





## **PODĚKOVÁNÍ**

Touto cestou děkuji doc. Ing. Zdeňku Kaplanovi, CSc. za pěkné téma bakalářské práce a také pomoc při jejím zpracování.

Mimoto také děkuji své rodině za podporu mého studia.



## **OBSAH**

<b>OBSAH.....</b>	<b>9</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>HISTORIE HPV.....</b>	<b>11</b>
<i>Historie bicyklů.....</i>	<i>12</i>
<b>POHONY HPV.....</b>	<b>15</b>
<i>Ruční pohony .....</i>	<i>15</i>
<i>Nožní pohony .....</i>	<i>16</i>
<i>Kombinované pohony.....</i>	<i>17</i>
<b>STUDIE HPV .....</b>	<b>18</b>
<i>Varianta I. ....</i>	<i>18</i>
<i>Varianta II. ....</i>	<i>19</i>
<i>Varianta III.....</i>	<i>22</i>
<b>PŘÍKLADY HPV .....</b>	<b>23</b>
<i>Azub Apus.....</i>	<i>23</i>
<i>Varna Diablo .....</i>	<i>25</i>
<i>Rowingbike .....</i>	<i>26</i>
<i>ScullTrek.....</i>	<i>27</i>
<b>BUDOUCNOST HPV.....</b>	<b>27</b>
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>29</b>
<b>POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE .....</b>	<b>30</b>

## ÚVOD

Řekneme-li HPV, neboli vozidlo poháněné lidskou silou (z anglického Human Powered Vehicle), mnoho lidí si představí kolo, koloběžku, někteří i člun. Ovšem příkladů je kolem nás mnohem více a to i mezi věcmi, které bychom tak běžně nenazvali. Základním definujícím slovem ze sousloví HPV je slovo „vehicle“ (vozidlo).

Vozidlo = prostředek pro dopravu a transport lidí i věcí

Přistoupíme-li na tuto velmi obecnou definici, pak vozidlem můžeme zvat kromě složitých mechanismů a strojů, jako jsou již zmíněné kolo nebo kolečkové brusle taktéž třeba nosítka, turistický batoh nebo obyčejnou lopatu. Ačkoli si to neuvědomujeme, vozidly poháněnými lidskou silou jsme obklopeni všude na celém světě v kterýkoli čas.

Přesto, mluvíme-li v dnešní době o HPV, máme na mysli téměř výhradně stroj, tedy funkční soubor mechanismů, pohybující se po zemi na kolech nebo stroj plovoucí po vodě nebo létající, přičemž člověk toto vozidlo zároveň pohání a také se na něm veze (obrázek 1). Těchto strojů člověk využívá k některému z následujících účelů:

- § *Doprava* – Prostý přesun z místa výchozího do cílového. Požaduje se co nejmenší energetická náročnost a vysoká rychlost pohybu. Zatímco ve vyspělých zemích je více, než doprava na lidský pohon využívána doprava motorovými vozidly, v rozvojových zemích právě naopak jsou HPV nepostradatelnými dopravními prostředky.
- § *Volnočasová aktivita, relaxace* – Vozidla HPV otevírají nové možnosti trávení volného času. Mnoho lidí na Světě s nimi spjalo svůj životní styl.
- § *Cvičební prostředek* – Nejenže HPV umožňuje člověku spálit oproti chůzi či běhu více kalorií, ale především zatěžuje odlišné lidské svaly. Další výhodou je fakt, že díky rychlosti člověkem hnaných vozidel se může sportovec pohybovat po mnohem větší oblasti krajiny, což rozhodně vylepší pocit z tréninku.



Obr. 1, HPV

## HISTORIE HPV

Nejstarší člověkem poháněná vozidla, tak jak jsou definována zcela obecně, byla využívána již před statisíci až milióny let, a to například tehdy, kdy si *Homo Erectus* přinesl ulovenou zvěř zpět do jeskyně pověšenou na větví nebo když překonával vodní tok plavením na kmeni stromu [1]. Ačkoli se lidé snažili si své žití různými věcmi a mechanismy usnadnit, významný pokrok z hlediska „hápévéček“ a vůbec celého lidského vývoje přišel až za velmi dlouhou dobu. Znatelnou evoluci zaznamenala vodní plavidla, která neomezovalo tření s pevným povrchem. Od popadaných kmenů se přes vory přešlo až k vydlabaným lodím.

Obrovský skok vpřed znamenal přibližně před 5000 lety vynález kola (zde myšleno jako rotačního objektu), pravděpodobně v oblasti Mezopotámie. Od té doby začaly vznikat různé dopravní prostředky, umožňující člověku přesun sebe i nákladu po souši jiným způsobem, než chůzí nebo na zvířeti. Začalo to různými jednoduchými kárami a vozíčky, které byly hnány buď tažením nebo tlačáním a později pokračovalo již složitějšími konstrukcemi na principu páky a rotačního ručního pohonu. Odsud už nebylo daleko k vynálezu nejznámějšího člověkem hnaného dopravního prostředku, tedy jízdního kola. Autorství kola takového, jak jej známe dnes, je připisováno Angličanu Johnu Kempu Starleyimu, který roku 1885 představil svůj „Rover Safety Cycle“ (obrázek 2) neboli bezpečné jízdní kolo. Tímto začal skutečný rozvoj člověkem hnaných vozidel. Naprostá většina z nich vycházela ze Starleyiho kola a byla tedy poháněna šlapáním nohama. Při vývoji bicyklů došlo k několika událostem, které významně ovlivnily dnešní rozšířenost jednotlivých konstrukcí HPV mezi uživateli. Tyto události jsou přiblíženy v odstavci níže. Kromě šlapadel se zkoušela i vozidla na jiný pohon, jako třeba „veslováním“. Značnou oblibu si ale získaly i modely na mnohem jednodušším a starším principu jako jsou skateboard, koloběžka nebo kolečkové brusle, kde je pohyb vynucován obyčejným tlačáním.

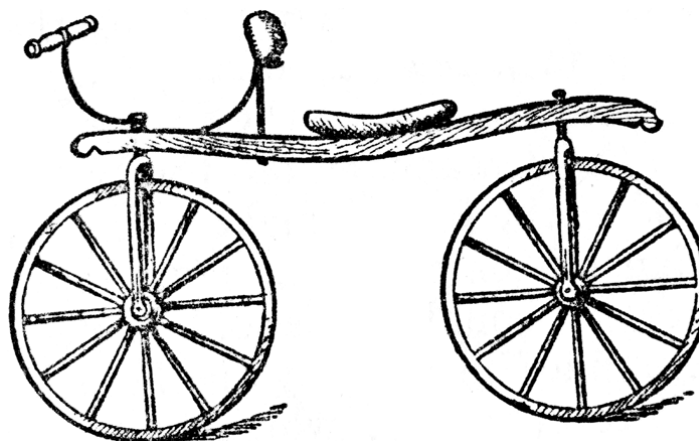


Obr. 2, Rover Safety Cycle [7]

## Historie bicyklů

Jízdní kolo je jeden z nejznámějších a nejrozšířenějších dopravních prostředků na celém Světě. Zcela jistě je to také nejpoužívanější vozidlo na lidský pohon. Setkáme se s ním bez rozdílu ve vyspělých zemích s rozvinutou dopravní infrastrukturou, stejně tak jako v odříznutých afrických vesničkách. Jízdu na kole zvládá téměř každé malé dítě a po chození a mluvení je to jedna z našich prvních dovedností.

Pro tyto důvody můžeme jízdní kolo jmenovat jedním z nejdůležitějších vynálezů naší historie. Jak jsem již zmínil výše, autorství tohoto vynálezu je připisováno Johnu Kempu Starleyimu. Ten jako první umístil šlapadla mezi přední-řízené a zadní kolo a k přenosu kroutícího momentu spojil šlapadla se zadním kolem řetězem. To umožnilo navrhnout rám kola tak, aby na něm jezdec seděl ve stabilní a bezpečné poloze (proto také název Rover Safety Cycle), což byl významný pokrok oproti předchozím konstrukcím, na které však Starley navazoval. Nákres velmi podobný Starleyiho bezpečnému kolu se dochoval již od Leonarda da Vinciho z 15. století, který se ovšem, podobně jako mnohé další géniový projekty, pravděpodobně nedočkal realizace. Opravdový vývoj bicyklů, tedy vozidel s dvěma koly za sebou, započal až roku 1817, kdy Karl von Drais představil svůj dvoukolový stroj (*obrázek 3*) s ovládaným předním kolem a hnaným odrážením od země a jízdou na něm potvrdil, že na takovém stroji lze udržet rovnováhu. Draisovu Drezýnu po dvaceti letech vylepšil Kirkpatrick Macmillan o první pedálový pohon. Zde však ještě nerotovaly pedály kolem osy, ale pouze se kývaly. To až Pierre Michaux propojil přední kolo s pedály, rotujícími kolem dokola. Tento jeho vynález je znám jako Velocipéd (*obrázek 4*) a odstartoval velký zájem o cyklistiku. Ačkoli je vzezření Velocipédu působivé a neméně jízda na něm, jeho nestabilita při jízdě z kopce a při brzdění mu nepřály budoucnost. Ta patří kolu bezpečnému od Johna Kempa Starleyiho. Promyšlenost a pokrokovost jeho výrobku dokládá překvapivý fakt, že dnešní kola jsou pramálo odlišná od jeho původního návrhu.



Obr. 3, Drezýna [11]

To, že dnes až na výjimky nepotkáme jiné konstrukční typy kol je důsledkem dávného rozhodnutí Mezinárodní cyklistické unie UCI (Union Cycliste Internationale). Jedná se o organizaci sdružující jednotlivé národní cyklistické federace, určující pravidla na mezinárodních soutěžích a také tyto soutěže pořádající. UCI byla založena roku 1900 v Paříži.



Obr. 4, Velocipéd [6]

Vývoj kola probíhal jako součást snahy o dosažení co nejlepších výsledků podobně jako v jiných oblastech lidské činnosti. Měřítkem úspěchu v cyklistice byla maximální dosažená rychlost. Na přelomu 19. a 20. století probíhaly snahy o překonání rychlostního rekordu v podstatě dvěma způsoby:

- 1) Snižováním odporu vzduchu.
- 2) Navýšením výkonu pohonu.

Obojí však na standardním kole vycházejícím ze Starleyiho konceptu.

Ad 1) Přišlo se na to, že cyklista jedoucí za jiným cyklistou (tzv. jízda v závětrí – *obrázek 5*) nemusí podávat stejný výkon, aby jel stejnou rychlostí. Proto při jízdě dráhy na čas se před závodníkem střídali po jistých úsecích jiní cyklisté, kteří po krátkou dobu podávali maximální výkon, zatímco závodník rozvrhl energii na celou trať.

Ad 2) Jelikož maximální rychlost kromě aerodynamiky závisí také na výkonu a závodní trénování jezdců obvykle vydávali ze sebe to nejlepší, jedinou další variantou, jak navýšit výkon, bylo přičíst k výkonu jednoho závodníka také výkon druhého. Tak vznikla první dvojkola, trojkola, čtyřkola a dále. Dosažená maximální rychlost sice nebyla přímo úměrná počtu jezdců, ale nepřekonatelný nárůst oproti jednotlivci jedoucímu na stejném typu kola tam tehdy existoval.



Obr. 5, Pacing – jízda v závětrí [12]

Došlo samozřejmě i na kombinace obou metod a tak se stávalo, že pro zajištění rychlostního rekordu jednoho cyklisty bylo potřeba dvanáct dalších jezdců. Po vynalezení parního stroje přišel Angličan Dunlop s myšlenkou nahradit předjezdce na mnohokolech jedním kolem, poháněným právě energií páry. Toto byl počátek vývoje motocyklů.

Kolem roku 1914 stanovila UCI pravidla, která zakazovala jak jízdu v závětrí, tak také veškeré přídavné aerodynamické prvky. Tyto pozměněné regule měly vést k tomu, že dosažené rekordy by měly záviset pouze na fyzické připravenosti sportovce. Byl to sice významný zásah, který omezil možnosti vývoje, ale ještě se netýkal samotné konstrukce kola. I to se však záhy změnilo, když roku 1934 překonal Francouz Faure rychlostní rekord na jiném typu kola, kde jezdec místo vzpřímené polohy zaujímal polohu vleže na zádech, takzvaném lehokole (anglicky recumbent bicycle).

V důsledku této události opět zasedla UCI a stanovila přesné rozměry jízdních kol, použitelných na akcích této organizace, čímž prakticky vyloučila z pravidel všechny ostatní typy než bezpečná jízdní kola. Tím byla evoluce šlapacích strojů téměř zastavena.

Lehokola však nebyla zavrhnuta úplně. Skupina nadšenců, především ve Spojených státech Amerických stále pokoušela světové rychlostní rekordy i přesto, že nebyly uznávány UCI. Na této amatérské úrovni nebyla kromě zakázané jízdy v závětrí a nutnosti hnát vozidlo výhradně silou člověka stanovena žádná pravidla, dokonce ani ve způsobu pohánění vozidla, tudíž byly kromě šlapacích strojů povoleny i jakékoliv jiné. Po letech zkoušení se ovšem nejvíce osvědčila právě šlapací HPV a tak se vývoj soustředil především na tuto skupinu. Ne nadarmo v současnosti veškeré rekordy ve všech kategoriích jsou zajety na šlapacích vozidlech a to nejen na souši, ale taktéž na vodě i ve vzduchu (obrázek 6). Kromě lehokol na zádech byly testovány i typy hnané vleže na břiše nebo některé společně se šlapáním nohama poháněné současně i ručním šlapáním. Jednou z nejdůležitějších podmínek pro zajištění výborného výsledku byla vyspělá aerodynamika a to i za cenu zvýšení hmotnosti vozidla. Proto byla kola co možná nejnižší a nejužší. Není tedy divu, že karoserie vozidla byla stavěna konkrétnímu jezdci na míru a těsně ho obklopovala ve všech směrech.

Po několika letech tohoto amatérského závodění se roku 1975 ti nejzajímavější, konkrétně Chester Kyle, Jack Lambie a Allan V. Abbott rozhodli založit vlastní organizaci sdružující podobné nadšence z celého světa IHPVA (International Human Powered Vehicle Association – [www.ihpva.org](http://www.ihpva.org)), tedy mezinárodní asociaci vozidel poháněných lidskou silou. Prakticky okamžitě byly oficiálně pod hlavičkou IHPVA přepsány všechny rekordy v oblasti člověkem hnaných vozidel a začala nová éra vývoje strojů a závodění, která inspirovala spoustu dalších lidí na celém světě. Rekordní výsledky se měnily každým rokem, a proto stoupal zájem o taková netradiční vozidla i mezi veřejností. Nejvíce se samozřejmě, stejně jako na závodních tratích prosadila lehokola. Ta mají ve srovnání s obyčejným bicyklem tyto přednosti:

- § díky menšímu aerodynamickému odporu jsou efektivnější a tedy i rychlejší,
- § jízda na nich je pohodlnější,
- § mnohé typy jsou také lépe ovladatelné.

Na druhou stranu není lehokolo zcela vhodné do terénu a také jízda do kopce může být více problematická.





Obr. 6, HPV Daedalus [4]

## POHONY HPV

Ačkoli se od vzniku jízdního kola neprosadil žádný jiný pohon HPV více než právě šlapání do pedálů, rotujících na ramenech kolem jedné osy, přesto alternativy existují a některé jsou i úspěšné a hojně využívané. *Pohony, které se nedočkaly světlé budoucnosti doplatily na to, že byly z několika důvodů neefektivní. Za prvé často využívaly pro pohon nevhodné svaly. Člověk musel provádět fyzicky náročné úkony pomocí svalů rukou a zad, namísto svalstva noh. Za druhé byla rychlost pohybu svalů příliš nízká. Člověk zabíral vší silou na příliš krátké dráze. Častokrát byly také jednotlivé pohyby nevhodně synchronizované, tak aby byly co nejefektivnější [1].*

V této kapitole jsou představeny nejdůležitější ze všech možností hnaní vozidla lidskou silou a uvedeny výhody a nevýhody těchto jednotlivých pohonů. V podstatě můžeme rozdělit tyto pohony podle toho, čím je přenášena síla na hnací aparát vozidla na ruční a nožní. U ručních pohonů bývá kromě samotné síly paží obvykle využívána i síla zádového a břišního svalstva.

### Ruční pohony

#### § **Tlačení**

Jde o pohyb rukou od těla po přímce. Ač je neefektivní pro malou sílu v pažích a také kvůli krátkému přerušovanému záběru, tak je dodnes využíván např. na kolečkových křeslech pro postižené. Dříve byl tento pohyb uplatňován na železničních drezínách, kde dva lidé střídavě tlačili na hnací páku.

### § Šlapání

Šlapání do pedálů, jak jej známe z jízdního kola je možné provádět i rukama (obrázek 7). Díky obratnosti horní poloviny těla a možnosti pevného úchopu pedálu mezi palec a zbylé prsty není problém mít oba pedály na stejné straně od osy otáčení klik, tak aby obě paže opisovaly totožnou trajektorii ve stejný okamžik. Výhodou oproti jiným ručním pohonům je zde neustálý záběr. Nevýhodou obecně je tu opět malá síla paží. Vozidla poháněná tímto způsobem se označují anglicky jako „handcycles“.

### § Tahání

Pohyb rukou po přímce, tentokrát směrem k tělu. Tento pohyb je využíván například na vodních plavidlech pro veslování. Sílou i efektivitou srovnatelný s tlačáním.



Obr. 7, Handcycle Invacare XLT [9]

## Nožní pohony

### § Odrážení

Pohyb vozidla je vynucen odražením se jezdce od vozovky. Jezdec se může odrážet buď oběma nohama, jako tomu bylo u Draisovy drezýny, a nebo jen jednou nohou, přičemž tou druhou stojí na vozidle. Je to vlastně něco mezi jízdou a chůzí, proto je také tento pohon málo efektivní. V dnešní době je tento princip pohonu využíván především u vozidel pro trávení volného času, jako jsou koloběžka nebo skateboard. Zvláštním případem odrážení jsou brusle, ať už kolečkové nebo klasické. Vozidla hnaná odrážáním bývají oproti jiným podstatně menší.

### § Šlapání

Tento pohon není ani potřeba představovat. Je to nejefektivnější ze všech možných pohonů pro jízdu na lidskou sílu. Využívá nejsilnějších lidských svalů, poskytuje konstantní nepřerušovaný přenos síly na hnací soustavu a nezpůsobuje žádné rázy do končetin, je plynulý.

### § Tlačení

Nohama je po přímce odtlačován hnací mechanismus od těla. Tento pohyb sice umožňuje opravdu využít maximální sílu noh, ale na efektivitě ztrácí přerušovanými dodávkami energie.

## Kombinované pohony

Jednotlivé pohony je možné na jednom vozidle kombinovat, avšak ne vždy to vede ke zvýšení efektivity pohonu, častokrát jsou taková vozidla těžko ovladatelná a vyžadují přesnou synchronizaci všech pohybů.

Jedním z kombinovaných pohonů je takzvané veslování, což je vratný translační pohyb nohou a rukou. Obvykle je práce vynakládána současným tlačení obou noh od těla a přitahováním rukou. Této fázi pohybu se říká záběr. Následující fázi, kdy se nohy opět vrací k trupu a ruce naopak oddalují, říkáme relax, neboli uvolnění, jelikož v tuto chvíli není žádná člověkem vynaložená energie využita k pohonu vozidla. Obecně je tento pohyb znám z vodních sportů a můžeme ho jako veslování zvat i když se bavíme o suchozemských HPV, ačkoli na těch se vesla neužívají. Nevýhodou veslování je, že stroj ztrácí na efektivitě na koncích trajektorie končetin a ve fázi relaxu, kdy člověk sice koná práci, ale ta není využita bezprostředně k hnaní vozidla. Výhodou veslování je oproti šlapání to, že je možné využít sílu celého těla, nikoli pouze nohou. Proto se v dnešní době veslovací HPV z velké části užívají jako tréninkový prostředek. Konstrukce veslovacích strojů mohou mít několik různých provedení. V zásadě se liší podle toho, která část jezdcova těla zůstává vzhledem k vozidlu během jízdy nepohyblivá. Jezdec může třeba sedět na sedačce pevně spojené s rámem kola a pohybovat nohama a rukama k pohonu vozidla. Jinou variantou je, že k rámu jsou připevněné pedály, od kterých se jezdec nohama odtlačuje a zároveň táhne rukama za řídítka. Takto jsou například konstruovány veslovací trenažéry pro cvičení ve fitness centrech. Poslední možností provedení veslovacího vozidla je, že statickými zůstávají řídítka, od kterých jezdec odtlačuje trup a při tom současně pohybuje nohama od těla a k tělu.

Objevily se i stroje, kombinující šlapání jak nohama, tak zároveň i rukama, ovšem jelikož je šlapání velmi dynamický pohon, nebylo by pro jezdce jednoduché vydávat maximum energie najednou horní i dolní polovinou těla. Další komplikací by bylo nesnadné směrové ovládání celého vozidla.

Některých kombinací různých metod hnaní vozidla, o kterých si myslím, že by mohly být pohodlné a zároveň účinné, využívají navrhovaná vozidla popsaná v kapitole Studie HPV této práce.

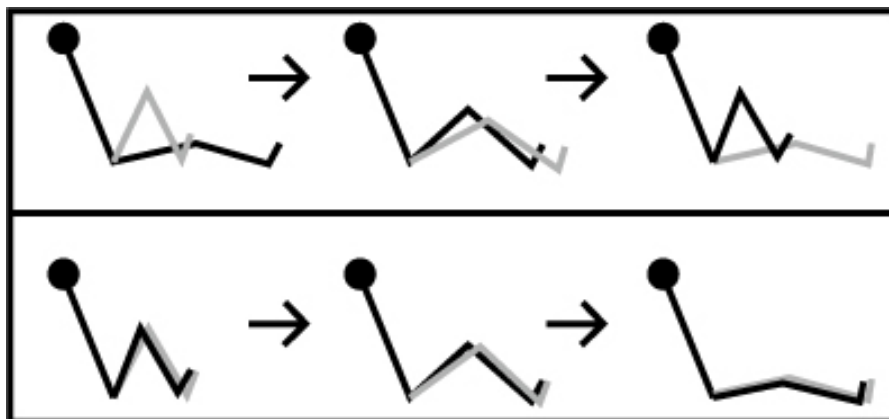
## STUDIE HPV

### Varianta I.

Při přemýšlení o netradičním HPV jsem se již od začátku podvědomě omezil pouze na vozidla suchozemská. Bylo tomu tak asi z důvodu toho, že takovými vozidly jsme, zvláště v naší nepřímorské Zemi, obklopeni nejčastěji, ale také proto, že osobně nejsem vodní nadšenec a s létajícími stroji nemám větší zkušenosti. Dále mé rozvahy omezil požadavek na netradiční stroj. Jako první představu o vozidle na lidský pohon jsem si utvořil, asi jako většina populace, jízdní kolo, a proto jsem šlapání jako pohon pro tento projekt vozidla zpočátku neuvažoval. Ačkoli dále existuje spousta dalších možných způsobů pohánění, jen málo z nich je perspektivních. Zaujalo mě veslování, jelikož je to pohyb, kterým by mohlo být možné hnát vozidlo podobnou rychlostí a energetickou spotřebou jako bicykly, které jsou prokázány jako nejefektivnější dopravní prostředky.

Veslovací HPV ztrácí na účinnosti významně v průběhu relaxační fáze, protože předpokládám, že při přechodně podávaném výkonu je celková spotřebovaná energie vyšší, než při kontinuálním průběhu. Pro zvýšení efektivity by mohlo být účelné tuto fázi redukovat, a to tak, že bychom desynchronizovali záběry obou noh (obrázek 8). Pravá a levá noha by se do fáze relaxu a záběru dostávaly střídavě, podobně jako se střídají nohy při jízdě na kole. Okamžiky, kdy by k pohonu HPV nebyla konána žádná práce by se zkrátily pouze na chvíle kdy jsou nohy v úvrati, buď v pozici nejvzdálenější od těla nebo v té nejbližší (ty by však bylo možné dále redukovat vhodným záběrem horní poloviny těla). Tento systém bych pojal tak, že pohyb hnacích pedálů pro pravou a levou nohu není vzájemně nějakým mechanickým prostředkem ovlivněn, tudíž střídání nohou takové, jaké jsem jej popsal výše by záviselo pouze na volbě uživatele. Takové řešení by tedy umožňovalo jak podávání nárazové maximální síly v jeden okamžik, vhodné například pro předjíždění či rozjezdu vozidla, tak také plynulé vydávání energie střídavým záběrem noh pro jízdu konstantní rychlostí. Co se týče konstrukce zbytku vozidla, tak ta by měla vycházet z běžného lehokola. Uživatel by tedy za jízdy standardně zaujímal polohu v pololeže na anatomické sedačce. Pokud by se podařilo najít nějaké spolehlivé a hmotnostně nenáročné řešení, rád bych umožnil jezdcům například nějakou pákou nastavovat polohu sedačky vzhledem k pedálům i za jízdy. Tak by snad vzala za své jedna z nevýhod lehokol a to obtížnější jízda do kopce. Pod sedačkou je plánován jednočepový odpružený rámový trojúhelník se zavěšením zadního kola, uchycením kotoučové brzdy a přehazováním. Otázku převodů vozidla je možné řešit několika způsoby. Buď klasicky externí přehazovačkou, posouvající řetěz po různě velkých pastorcích kazety nebo převodovkou v náboji a nebo také použitím jednoho mezikola (obrázek 9), hnaného hlavním řetězem a spojeného hřídelí s jiným ozubeným kolem (koly), z kterého by teprve vedl další řetěz k zadnímu náboji. Posledně zmiňovaná možnost by sice přinesla malé zvýšení hmotnosti, ale výrazně by se rozšířilo množství převodových stupňů.

Nevylučuji, že se střídání levé a pravé nohy pro pohon HPV nakonec projeví jako fyzicky namáhavější, především z důvodu nepřírozené vzájemné pozice končetin v úvratích (jedna noha pokrčená a druhá natažená), rozhodně ale tento mechanismus přispěje k celkové zábavnosti vozidla a věřím, že při absolvování dlouhých tras bude vítaným prostředkem pro minimálně dočasnou změnu tempa a oddych, které si za stereotypní jízdy každý rád dopřeje.



Obr. 8, Schéma vzájemného pohybu nohou

Rozdělení současného záběru paží pravděpodobně již vhodné nebude, jelikož těmi předpokládám směrové ovládání celého vozidla a také by snaha řidiče o co nejvhodnější návaznost tolika pohybů mohla narušit jeho pozornost k okolnímu dění.

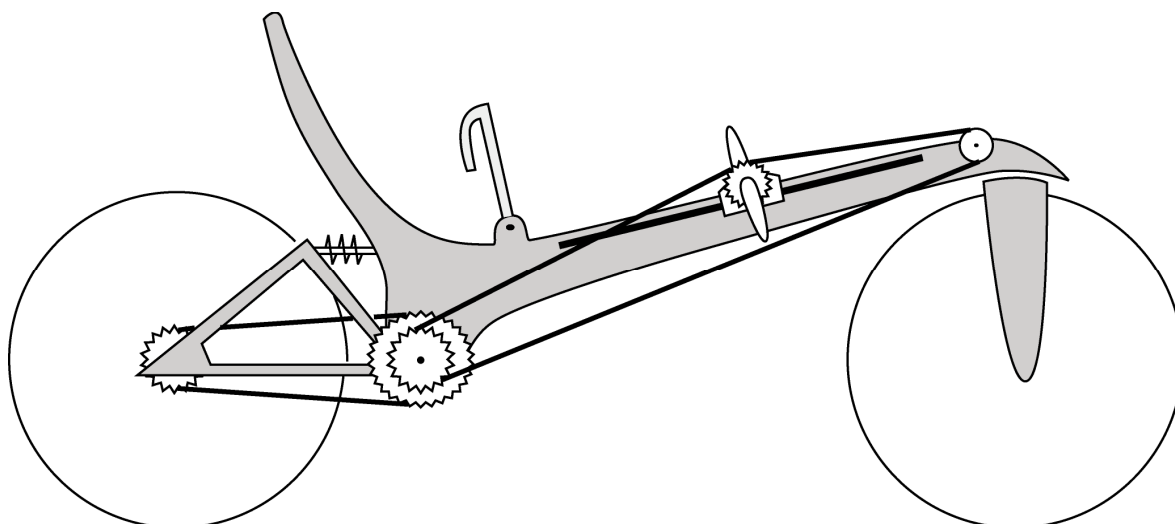
Na místech, kde končetiny mění směr svého pohybu, dochází k dalším ztrátám lidské energie, která nebude využita pro jízdu. Těsně před koncovými body, ohraničujícími dráhy pohybů jednotlivých končetin je nutné působit proti předcházejícím záběrem získané setrvačnosti a co nejvíce snížit rychlost pohybujících se končetin blížících se k bodům úvratí tak, aby nedošlo k rázu, který by mohl poškodit různé části lidského těla (klouby, vazy, ..). Množství energie, vynaložené na toto brzdění by mohlo být sníženo na nejnutnější mez a zbývající kinetická energie končetin by byla akumulována a vzápětí opět využita použitím vhodných pružin na koncích drah nebo alespoň na tom konci, kde přechází fáze záběru ve fázi relaxu.

## Varianta II.

Napadla mě ještě jiná možnost jak udělat v dnešní době vozidlo HPV netradiční a zároveň prakticky užitečné. Jednalo by se o hybridní spojení dvou nejefektivnějších pohonů na jednom stroji, tedy kombinaci šlapacího a veslovacího kola (obrázek 9). Toto HPV by konstrukcí opět vycházelo z lehokola, alespoň tedy v zadní části. Před řidičem by již došlo na výrazné změny. Zde je nastíněna jedna z možností provedení:

- 1) Řízení by bylo upraveno tak, aby kromě ovládání umožňovalo i veslovací pohyb pažemi.
- 2) Došlo by na úplné přepracování rámu, vedoucího k přednímu kolu.

Nyní budu vycházet z toho, že v případě veslování bude nohama možné zabírat pouze najednou, tudíž že nebude použit mechanismus střídání noh levá-pravá, který jsem zmínil v textu o první studii HPV.



Obr. 9, Náčrt vozidla s kombinovaným pohonem

Základem tohoto kombinovaného hnacího mechanismu na předním rámu kola by byla běžná vodící dráha s kluzákem a pedály pro nohy tak, jak je tomu u obyčejných veslokol (např. Rowingbike). Téměř veškeré potřebné úpravy by byly provedeny právě na kluzáku. Pedály by byly připevněny na klikách používaných u běžných šlapacích kol, které by si uživatel sám převracel buď tak, aby byly pedály ve stejné úrovni (tzv. na klokana) pokud by zamýšlel hnát vozidlo veslováním a nebo je nastavil opačně oproti ose upevnění klik v případě, že by chtěl šlapat. Na osu klik by bylo připevněno ozubené kolo (obrázek 10), přes které by se vedl napínacími kladkami řetěz od zadního kola až úplně dopředu před konec vodící lišty ke kladce, na které by se řetěz otáčel a volně vracel opět k zadnímu kolu. Dále by na kluzáku byl mechanismus pro zamezení jeho posuvu po liště a jiný mechanismus zabraňující rotaci klik kolem jejich osy. Tento by mohl být spojen s klikou, která by se překlápěla při změně způsobu pohonu vozidla, aby se tento proces z hlediska nutných zásahů uživatele co nejvíce zjednodušil.

Seznam úkonů, které je nutné provést před jízdou pro daný typ pohonu:

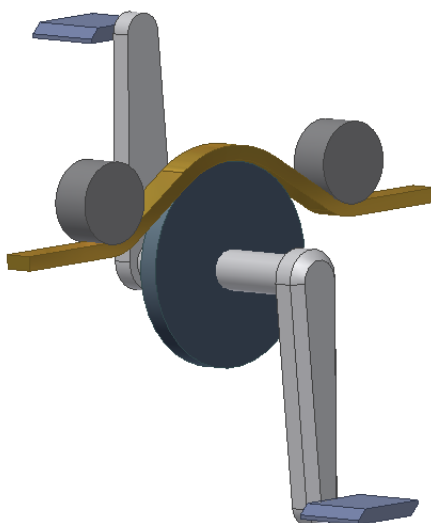
Šlapání:

- § obrátit jednu z klik tak, aby osa otáčení klik byla mezi pedály
- § zakotvit kluzák na liště ve vhodné vzdálenosti od sedačky
- § uvolnit mechanismus, blokuující rotaci klik kolem osy.

Veslování:

- § nastavit kliky tak, aby osy pedálů ležely na jedné přímce
- § uvolnit pohyb kluzáku po liště
- § zablokovat rotaci klik kolem jejich osy.

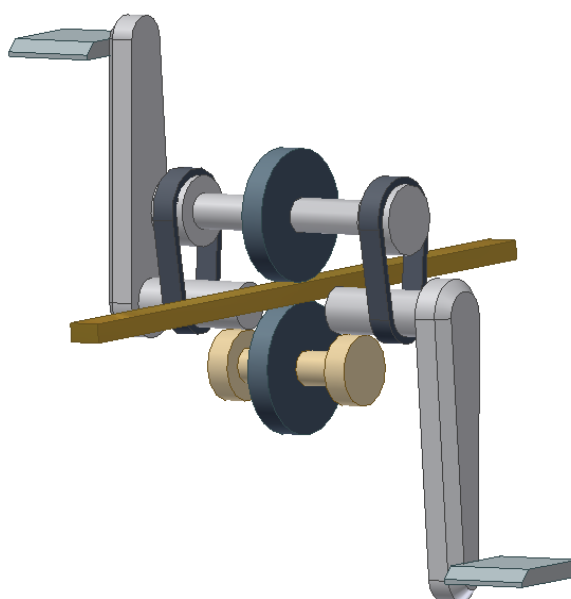
Jak vidno, transformace vozidla není příliš náročná a sofistikovaným konstrukčním řešením by mohlo být možné všechny potřebné úpravy sjednotit dokonce na jediný úkon.



*Obr. 10, Návrh hnacího mechanismu*

Konstrukce takového systému by vyžadovala relativně přesné uložení ložisek a také pevné zajištění kluzáku na liště v režimu šlapání nejlépe tak, aby ložiska v tu chvíli nebyla zatěžována vůbec a nenabírala zbytečně na opotřebení. Další více namáhanou součástí bude jistě ozubené kolo na ose klik, jelikož při veslování bude zatěžováno trvale jen několik málo zubů, čímž dojde k jejich dřívějšímu opotřebení. Jiná možnost konstrukce totožné funkce je načrtnuta na *obrázku 11*.

Věřím, že tahle kombinace dvou pohonů by si mohla najít své příznivce a vzbudit větší zájem lidí nejen o veslovací HPV, ale také obecně o alternativní dopravní prostředky.



*Obr. 11, Další možnost provedení hnacího mechanismu*



### **Varianta III.**

Přemýšlel jsem o vozidle, které by užívalo pro pohon lidskou chůzí. Přeci jen je to pohyb, který je nám ze všech nejpřirozenější a již milióny let se prakticky nezměnila jeho podstata, tudíž je evolucí vyhodnocen jako nejvhodnější pro pohyb člověka za obecných podmínek.

Jelikož člověk sám se většinou dostane na daleko nepřístupnější místa, než s „pomocí“ jakéhokoli dopravního prostředku, tak již od počátku jsem zavrhl možnost použití navrhovaného vozidla v terénu a předpokládal jeho nasazení pouze ve městech po zpevněných cestách. Úkolem takového vozidla by mělo být výhradně snížit fyzickou námahu při pohybu uživatele po městě za současného navýšení rychlosti přesunu.

Jelikož nepředpokládám, že by vozidlo poháněné chůzí vykazovalo nějakou lepší dynamiku, neočekávám, že by hlavní úspory energie pocházely od setrvačné jízdy po rovině, natož do kopce. Setrvačnost je totiž hlavní síla u všech člověkem poháněných vozidel, která nám ulehčuje práci. Naopak chůze je na tom se setrvačností o hodně hůře. Energii nás stojí každý krok, ať je po rovině, či z kopce. Právě jízda z kopce dolů na vozidle by množství energie, potřebné k přemístění z místa A do místa B mohla snížit o podstatnou část.

Mé první úvahy o takto využitelném vozidle počítaly s relativně mohutnou konstrukcí tak, aby bylo vozidlo stabilní a dobře ovladatelné. K přenosu síly z noh na kola jsem uvažoval gumový pás, jak je používán na běžeckých trenažérech ve fitcentrech. Nutno však přiznat, že hmotnost této konstrukce by natolik zvýšila náročnost při výstupu do kopce, že celková energetická bilance na téže absolvované dráze (podíl cest do kopce a z kopce přibližně ve stejném poměru) by ve srovnání s prostou chůzí sotva byla výhodnější.

Aby takové vozidlo skutečně bylo efektivní, musí být jeho hmotnost co nejnižší. Například kolečkové brusle mohou sloužit jako dobrý základ, ovšem mají některé nevýhody, kvůli kterým se pro transport skoro vůbec nepoužívají. Hlavní nepříjemnosti má uživatel kolečkových bruslí na těchto místech:

- § v budovách,
- § v městské hromadné dopravě,
- § cestou z většího kopce,
- § na některých pro město typických pozemních komunikacích (dlažba, schodiště,...).

Pro případné přezutí před kritickým místem a přenos zase nejsou brusle dostatečně kompaktní.

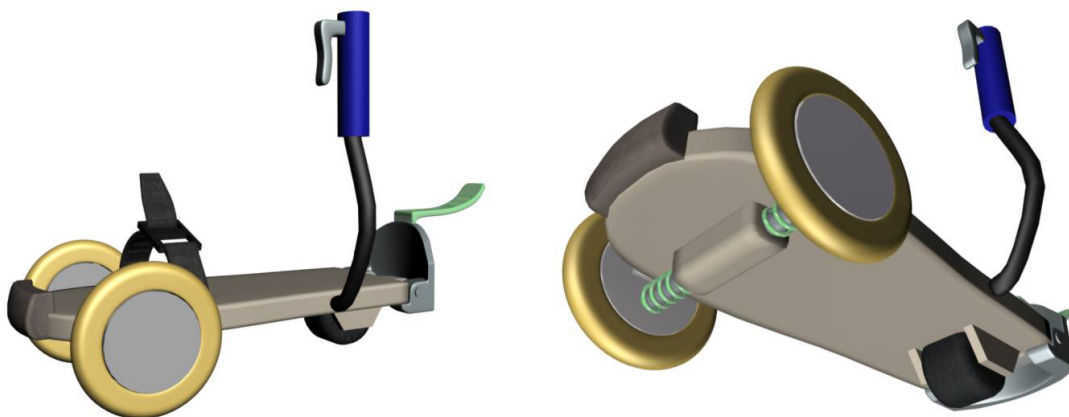
Ubral jsem se tedy k myšlence, že vozidlo, usnadňující člověku pohyb ve městě bude co nejskladnější a užitečné pouze pro jízdu z kopce, případně i po rovině. Moje konkrétní představa o nasazení tohoto vozidla je následující: uživatel má k dispozici dvě (popřípadě jednu) jednoduché kolečkové platformy, vybavené brzdou, které si nosí s sebou v batohu. Čeká-li ho delší cesta dolů kopcem nebo po rovině, nastoupí na tyto platformy a nesrovnatelně rychleji, než pěšky urazí zamýšlenou vzdálenost. Po překonání tohoto úseku opět pojezdy z nohou rychle vyzuje a schová do batohu.

Je zřejmé, že vozidlo tohoto typu ve skutečnosti není hnané chůzí, jak bylo původně zamýšleno a pokud gravitační sílu, působící na tělo člověka cestou z kopce nepřisoudím člověku jako jeho zásluhu, vlastně se nejedná ani o vozidlo hnané lidskou silou, ovšem vozidlo člověkem hnatelné je, i když to není jeho vlastní účel, a proto se domnívám, že v této bakalářské práci jistě může být diskutováno.



Můj návrh, tak jak je na *obrázku 12*, počítá s dvěma předními koly z gumy, otáčejícími se na kuličkových ložiskách. Ložiska jsou s jedním stupněm volnosti upevněna k základní desce a jejich nerotující části jsou propojeny přes klouby hřídelí. Na hřídeli jsou navlečeny pružiny, které se opírají o desku a ložiska. Přenesením váhy na stranu se přední kola nakloní a umožní zatočit. Pod patou uživatele tohoto vozidla je jedno menší kolečko připevněné k desce. Toto je brzděno hydraulickou nebo mechanickou brzdou buď na rukojeti, kterou třímá jezdec v ruce, případně pokud by se uživatel rozhodl jet pouze na jedné platformě, takže by měl jednu nohu volnou, mohl by brzdit i zatlačením na opěrnou páku za patou obuté nohy. V přední části je ještě umístěn blok z pevného materiálu, který kromě toho, že zabraňuje pohybu končetiny, slouží také jako pomocná brzda, když se ním tře o povrch cesty.

Konečná použitelnost tohoto typu vozidla k udanému účelu bude záviset především na hmotnosti a rozměrech finálního produktu. Ty lze ovlivnit konstrukcí a vhodným materiálem. Otázkou je, zda se podaří najít takové kompromisy mezi náklady a funkcí, aby byly splněny požadované vlastnosti.



*Obr. 12, Kompaktní městské vozidlo*

## PŘÍKLADY HPV

### Azub Apus

Dobrým příkladem „běžných“ lehokol jsou výrobky české firmy z Uherského Brodu Azub ([www.azub.cz](http://www.azub.cz)). Tato firma představila své první lehokolo v roce 2001 poté, co si hlavní konstruktér a zároveň majitel společnosti Aleš Zemánek ověřil funkčnost svého prototypu z roku 1999 a mohl jej tak uvést na trh. Model Apus (*obrázek 13*) navazuje svou konstrukcí s dvacetipalcovým předním kolem a šestadvacetipalcovým kolem zadním právě na první produkční modely Azubu. Další výbava kola je volitelná zákazníkem z velmi širokého spektra komponentů. Lze namontovat například odpruženou přední vidlici, kotoučové brzdy, nosič nebo převodovku v zadním náboji

se 14 převody. Netradičně však Azub nabízí i možnost volby ovládání kola buď řídítky klasickými horními nebo řízením dolním, umístěným pod sedačkou (obrázek 14). Standardní výbavou kol Azub je nastavitelná poloha sedačky a vzdálenost pedálů od sedačky. Celková hmotnost kola závisí na výbavě, ale pohybuje se kolem 15 kilogramů. Azub nabízí i několik dalších modelů, které se odlišují především velikostmi použitých kol. Výhodou použití menších kol je nižší poloha těžiště bicyklu a tedy lepší stabilita, zatímco větší kola mají nižší valivý odpor a bicykly jsou s nimi tedy rychlejší, vyžadují ale zkušenějšího jezdce.



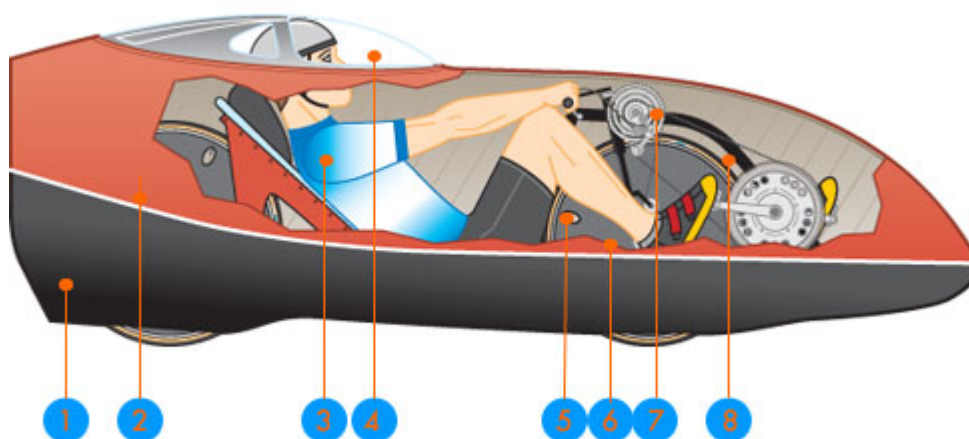
Obr. 13, Azub Apus – horní řízení [3]



Obr. 14, Azub Max – dolní řízení [3]

## Varna Diablo

Varna Diablo jsou momentálně nejrychlejší člověkem hnaná vozidla na světě, postavená kanadským konstruktérem s bulharskými kořeny Georgem Georgievem. Ten se běžně zabývá výrobou vozidel pro osoby s nepohyblivou dolní polovinou těla. Pro tyto účely nejvíce využívá pohonu ručním šlapáním. Daleko známější je ale společnost Varna Handcycles ([www.varnahandcycles.com](http://www.varnahandcycles.com)) díky aktivitě v rychlostních soutěžích člověkem hnaných vozidel. V modelu Varna Diablo III dosáhl 18.9.2008 člen kanadského cyklistického reprezentačního týmu Sam Whittingham světového rekordu na 200 metrů s letmým startem, když dosáhl na měřeném úseku průměrné rychlosti 132,5 km/h. Tímto počinem tak získal cenu DeciMach prize, vyspanou za první pokoření desetiný rychlosti zvuku ve vzduchu. Zde je popsán mírně odlišný model Diablo II, se kterým tentýž pilot držel rekord ve stejné disciplíně od roku 2002.



Obr. 15, Varna Diablo II [5]

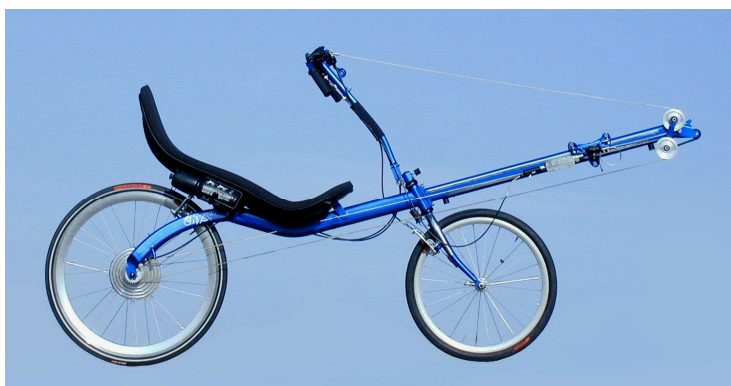
Jak vidno z obrázku 15, jedná o kapotované lehokolo. Georgiev navrhl aerodynamiku celé karoserie pouze podle vlastní intuice a až později si ve větrném tunelu potvrdil velmi malý koeficient odporu vzduchu. Jako základní prvek celého kola slouží vana z karbonových vláken (1), ke které je připojena karbon-kevlarová kapota (2) a ocelový rám (8). Na vrcholku karoserie je plastové hledí (4), kterým jezdec (3) sleduje okolí. Často se v dnešní době používají kamery s obrazovkami uvnitř totálně uzavřené kapotáže, ale ty jsou méně bezpečné a evidentně tyto systémy příliš na rychlosti nepřidávají. Ve Varně Diablo zaujímá pilot pozici v leže mezi koly, přičemž sedí úplně na podlaze. Opěradlo je zhotoveno z přebytečných podlahových materiálů firmy Boeing. Řízené a zároveň hnané je přední kolo (5) z karbonového disku, hliníkového ráfku a závodní pneumatiky a to řetězem od mezikola (7), které je dalším řetězem propojeno s ozubeným kolem, poháněným už přímo jezdčovyma nohama. Brzdění zajišťuje kotoučová brzda (6) na předním kole.

Běžná ráfková brzda použita být nemohla, protože při brzdění ve vysokých rychlostech by docházelo k přílišnému zahřívání ráfku, což by mohlo vést k jeho deformaci. Celkové proporce tohoto závodního stroje jsou takové:

Délka:	2438 mm
Šířka:	406 mm
Výška:	749 mm
Hmotnost:	27,2 kg

## Rowingbike

Rowingbike ([www.rowingbike.com](http://www.rowingbike.com)) je značka veslovacích kol, vyráběných v Nizozemsku konstruktérem Derkem Thijsem. Jeho produkty mají již od prvního modelu z roku 1986 stejnou koncepci s pevným sedadlem, nožním kluzákem na předním rámu kola a veslovacími řídítky, otočnými na čepu. Specialitou této firmy je převodové ústrojí zvané Snek (obrázek 17), které odstranilo nevýhodu dřívějších systémů řazení, kdy docházelo při každé změně převodu také ke zkracování či prodlužování možné délky záběru nohou. Snek je vlastně kužel se spirálovitou drážkou, který nahrazuje převodová kolečka na zadním náboji kola. Na tomto kuželu je navinut ocelový drát, který se s každým záběrem nohou odmotává a roztáčí tak zadní kolo. Další vlastností tohoto systému je, že má nekonečné množství převodových stupňů, pochopitelně jen v jistém rozmezí. Nevýhodu vidím v tom, že v průběhu jednoho záběru dochází postupným odvinováním drátu ze šneku ke změně převodového poměru. Nevylučuji však, že to v praxi může být i přínosné. Rowingbike kromě bicyklu zobrazeném na obrázku 16, nabízí také tandemové kolo a tříkolku na podobném funkčním principu.



Obr. 16, Rowingbike Thys 222 CVT [10]



Obr. 17, Snek [10]



## ScullTrek

Jiným příkladem použití veslovacího pohonu je slovenský ScullTrek (*obrázek 18 – [www.sculltrek.sk](http://www.sculltrek.sk)*). Ten má oproti Rowingbiku pevná řídítka a posunovací po vodící liště je jak sedačka, tak také kluzák pro nohy. S nožním kluzákem je spojeno lanko, pohánějící zadní kolo. Sculltrek je vybaven přehazováním a brzdami, ale jeho konstrukce je velmi prostá. Jelikož ale konstruktéři zamýšleli využití tohoto HPV spíše jako posilovacího stroje, a nikoli jako dopravního prostředku, není pohodlí jízdy uživateli vyžadováno na prvním místě.



Obr. 18, Sculltrek [8]

## BUDOUCNOST HPV

Co se týká blízké budoucnosti, nemyslím si, že by se situace měla nějak významně změnit. Dále bude nejoblíbenějším a nejznámějším vozidlem na lidský pohon bezpečné jízdní kolo. Jiná HPV se budou jen těžko prosazovat, jednak proto, že jsou obvykle určena jen pro specifické účely, což by ale nemusel být takový problém, když si uvědomíme, že každý uživatel i přesto, že široká univerzálnost kola se mu čas od času hodí, používá svůj stroj většinou ke konkrétní oblíbené činnosti, kde využívá jen některých z potenciálů vozidla. Daleko významnější handicap alternativních vozidel ale vidím ve velmi nízkém povědomí mezi veřejností o jejich existenci a vlastnostech. Tradiční jízdní kolo má po mnoha desetiletích monopolního vývoje v současnosti neohrožitelné renomé. Dá se předpokládat, že pro rekreační účely bude zájem o bicykly i nadále vzrůstat.

Vezmeme-li v úvahu pozici vozidel na lidský pohon ve srovnání s jejich vlastně jedinou konkurencí – motorovými vozidly, obávám se, že i přes rostoucí důraz kladený na ekologii ve vyspělých zemích se nadvláda HPV nedočkáme. Pokud budou mít vozidla poháněná lidskou silou ještě někdy v budoucnu masivní využití jako dopravní prostředky, tak jak tomu je doposud v některých rozvojových zemích, tak k tomuto účelu budou využívána v naprosté většině ve městech a jejich blízkém okolí. Myslím si, že budoucnost má koncepce malého lehkého jedno- až dvoumístného vozidla s kapotáží, které bude vybaveno jak mechanismem pro pohon na lidskou sílu (pravděpodobně šlapáním), tak také malým motorem. Taková vozidla se označují jako velomobily (obrázek 19). Motor předpokládám buď na palivové články nebo jako elektromotor s akumulátorem, který by umožňoval nabíjení na vybraných parkovacích místech z elektrické sítě a také rekuperaci energie ze ztrátových faktorů jízdy. Pro tato vozidla by byla vhodná konstrukce, vycházející z lehokola, takže v takové budoucnosti by mohlo dojít na rozsáhlejší rozšíření netradičních HPV.

V některých západoevropských městech, především ve Francii a Nizozemsku, již v současnosti fungují terminály pro zapůjčení kola s malým elektromotorem. Člověk si u speciálního nabíjecího stojanu vybere stroj, ten si po zaplacení poplatku může zapůjčit, vlastní silou nebo i s pomocí elektromotoru se dopravit kamkoli potřebuje a vrátit ho na jakémkoli jiném stanovišti po celém městě. U nás je momentálně nevhodné podobný systém zavádět z důvodu bezpečnosti účastníků silničního provozu, protože řidiči motorových vozidel nejsou na cyklisty na silnicích příliš zvyklí a množství cyklostezek je nedostačující.



Obr. 19, Velomobile Borealis [13]

## ZÁVĚR

Zadáním této práce bylo vypracovat ideovou studii nekonvenčního vozidla, poháněného lidskou silou a kriticky jej zhodnotit.

V úvodní části je vysvětlen pojem HPV a přiblížen vznik a historie člověkem hnaných vozidel, převážně těch suchozemských, až do současnosti, kdy všem HPV neohroženě vládne jízdní kolo. Historii kola a obecně vývoji cyklistiky jsem věnoval zvláštní kapitolu, jelikož toto zajímavé časové období přibližně od konce 19. století velmi výrazně ovlivnilo právě četnost výskytu jednotlivých HPV v dnešní době, ale kromě toho se projevilo i do jiných oblastí lidského života.

HPV ale nejsou jenom šlapací kola, a proto je v kapitole „Pohony HPV“ uveden přehled nejzákladnějších pohonů, kterými může člověk vozidlo hnát. Jednoho z perspektivních netradičních pohonů – veslování, využívají dvě studie vozidel, které jsem navrhl jako alternativy za běžné jízdní kolo a to nejen jejich netradičním vzezřením, ale především jejich funkcí, kterou v některých případech použití právě jízdní kolo překonávají.

První studie vychází z dvoukolového nebo trojkolového lehokola, ovšem místo pohonu šlapáním přichází s modifikací veslovacího pohonu. Uživatel je umožněno zabírat pravou a levou nohou v různých tempech, což by dle mého názoru mělo příznivě ovlivnit efektivitu celého vozidla, oproti veslovacímu HPV bez této devízi.

Druhá koncepce HPV je založena na jednoduché myšlence spojit veslokolo a lehokolo v jednom vozidle, tudíž by si jezdec mohl volit, zda pro pohyb kupředu bude šlapat nebo veslovat. Zatímco šlapání je efektivnější, veslování je vhodnější pro kondiční trénink.

Kromě veslovacích vozidel jsem se také zamyslel nad možností hnát vozidlo pomocí chůze, které jsem se věnoval ve třetí studii vozidla na lidský pohon. Aby takové vozidlo bylo užitečné, zvolil jsem nakonec koncepci takovou, že účel tohoto HPV tkví pouze v urychlení dopravy uživatele z kopce dolů a snad i po rovině. V podstatě se jedná o kompaktní a přenosný model podobný skateboardu.

Smyslem této práce je poukázání na momentální jednotvárnost výskytu jednotlivých vozidel na lidský pohon. Ačkoli bezpečné jízdní kolo si svou vedoucí pozici bezpochyby díky praktické a univerzální konstrukci zaslouží a nadále udrží, mnoho uživatelů by ke svým potřebám mohlo s výhodou používat alternativní vozidla, jako jsou například lehokola nebo veslokola. Ke změně dosavadního stavu nepomáhají ani výrobci jízdních kol, kteří se stále drží tradičních konstrukcí, přesto že HPV od renomované značky by jistě vzbudilo pozornost a u zákazníků by to vedlo ke zmírnění obav z investice do nezavedeného produktu. Následně lze očekávat i pokles cen těchto HPV, která dnes stojí až trojnásobek ceny jízdního kola.

Na tuto práci by mohl navázat konkrétní konstrukční návrh a výroba prototypu pro ověření předpokládané funkce. Nejsnáze proveditelné je jistě vozidlo podle koncepce varianty III. U prvních dvou variant ovšem kromě vytvoření vlastního vozidla vidím hlavní přínos pokračování tohoto projektu v možnosti zkoumání a aplikování mnohých konstrukčních prvků z různých oblastí, souvisejících s automobilním inženýrstvím na prototypu vozidla. Ke studiu bych navrhl například aerodynamiku kapotáže, soustavu pro rekuperaci energie nebo systém přenosu síly z noh na kola pomocí hydrauliky.

*HPV je levné, relativně rychle, jednoduše postavitelné s minimem zkušeností a se základním nářadím. Konstrukteři mohou být zároveň testovací piloti, takže chyby návrhu jsou hned patrné. [1]*

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] ABBOTT, Allan V., WILSON, David Gordon. *Human-Powered Vehicles*. 1. vydání. Champaign: Human Kinetics, 1995. 279 s. ISBN 0-87322-827-8.
- [2] BALANTINE, Richard, GRANT, Richard. *Velká kniha o bicyklech*. 1. vydání. Bratislava: Gemini, 1993. 191 s. ISBN 80-7161-011-9.
- [3] AZUB. *Lehokola* [online]. Poslední revize 29.4.2009 [citováno 2009-5-23]. Dostupné z: <<http://www.azub.cz/CZ/lehokola/>>.
- [4] IHPVA. *Air* [online]. Poslední revize 3/2009 [citováno 2009-5-23]. Dostupné z: <<http://www.ihpva.org/air.htm>>.
- [5] LERNER, Preston. The World's Fastest Bike. *Popular Science* [online]. Vydáno: 10.11.2005 [citováno 2009-5-23]. Dostupné z: <<http://www.popsci.com/diy/article/2005-10/worlds-fastest-bike>>.
- [6] MUSEUM VICTORIA AUSTRALIA. *Burston's 'Victory' high-wheel bicycle* [online]. Dostupné z: <<http://museumvictoria.com.au/treasures/collDetails.aspx?Simg=1&PID=14>>.
- [7] ROVERKLUBBEN. *Bike* [online]. Poslední revize 9.3.2001 [citováno 2009-5-23]. Dostupné z: <<http://www.roverklubben.se/bike.html>>.
- [8] SCULLTREK. *Výrobce HPV* [online]. Poslední revize 30.6.2007 [citováno 2009-5-23]. Dostupné z: <<http://www.sculltrek.sk>>.
- [9] TABOR, J. *ProMed DME* [online]. Poslední revize 12/2008 [citováno 2009-5-23]. Dostupné z: <[http://www.promeddme.com/rehab\\_handcycles.html](http://www.promeddme.com/rehab_handcycles.html)>.
- [10] THIJS, Derk. *Rowingbike* [online]. Poslední revize 4/2009 [citováno 2009-5-23]. Dostupné z: <<http://rowingbike.com>>.
- [11] UNIVERSITY OF SOUTH FLORIDA. *Clipart ETC* [online]. Poslední revize 12/2008 [citováno 2009-5-23]. Dostupné z: <[http://etc.usf.edu/clipart/59100/59124/59124\\_hobby-horse.htm](http://etc.usf.edu/clipart/59100/59124/59124_hobby-horse.htm)>.
- [12] VANGUARD, Shaun. Track Cycling 1920s-1940s. *The Bike Blog Book* [online]. Vydáno: 15.2.2009 [citováno 2009-5-23]. Dostupné z: <<http://bikeblogbook.blogspot.com/2009/02/track-cycling-1920s-1940s.html>>.
- [13] VELOMOBILES. *Borealis* [online]. Poslední revize 11/2008 [citováno 2009-5-23]. Dostupné z: <<http://velomobiles.ca/Borealis.html>>.